

R. Wiedermann

# Risparmio di energia con l'impiego di poliuretano espanso in edilizia

Negli anni addietro l'uso dei materiali isolanti interessava unicamente ai fini del risparmio energetico. Oggigiorno, invece, l'interesse per il risparmio energetico si è ridotto di pari passo con il ribasso del prezzo del petrolio e del gasolio.

D'altro canto, la produzione di energia rimane pur sempre associata all'inquinamento ambientale. Stante l'accresciuto interesse della popolazione ai problemi ecologici, l'uso dei materiali isolanti è oggi visto come un significativo contributo verso una riduzione dell'inquinamento ambientale.

In base agli studi effettuati da Gertis <sup>(1)</sup> (fig. 1), tra il 1979 e il 1984, il consumo specifico di energia nella Repubblica Federale Tedesca è diminuito di ca. il 20%, in gran parte grazie alle misure d'isolamento che sono state prese. L'appiattimento della curva nell'anno 1981 si ricollega all'abolizione di un particolare contributo statale all'edilizia. Allo stesso tempo si poté osservare un notevole calo di emissione di sostanze inquinanti: nella figura 2 si nota un calo di emissione di monossido di carbonio e polvere.

## Materiali isolanti in espanso poliuretano rigido

Fra vari materiali isolanti messi a confronto il poliuretano (PU) è sicuramente il prodotto più interessante a causa della sua bassa conduttività termica.

La classe dei polimeri poliuretano venne scoperta da Otto Bayer 50 anni fa. Com'è possibile che questa classe di prodotti sia ancor oggi capace di uno sviluppo dinamico?

A mio avviso ciò è possibile per i seguenti motivi:

- i principali componenti dell'espanso poliuretano rigido, il poliolo ed il poli-isocianato, si possono facilmente modificare ed adattare a nuove necessità. Per questo viene usato anche il termine *taylor-made-plastics*; inoltre, l'espanso poliureta-

nico rigido è un materiale plastico di grande versatilità adatto ai più svariati campi d'applicazione;

- la produzione del polimero, la sua sagomatura e la sua adesione agli strati di rivestimento avvengono in un unico processo lavorativo: benché le materie prime del poliuretano siano più care delle materie prime di molti altri materiali plastici, grazie a questi vantaggi molti prodotti finiti risultano essere più economici dato che il prezzo finale è più basso a causa di minori costi di lavorazione;
- l'espanso poliuretano permette metodi di lavorazione molto complessi.

## Produzione in continua di pannelli isolanti

Molto presto si cercò di dare all'edilizia la possibilità di costruire in maniera razionale utilizzando l'espanso poliuretano rigido per produrre pannelli "sandwich". A tal fine venne sviluppata la cosiddetta tecnica a doppio nastro trasportatore, che permette la produzione in continua di elementi di costruzione in condizioni economicamente vantaggiose.

In questo tipo di produzione la miscela reattiva liquida viene applicata su due superfici di rivestimento come la carta, il cartone, i fogli d'alluminio, o anche rivestimenti rigidi come i pannelli di massone o cartongesso.

Entrambe le superfici di rivestimento scorrono poi su un doppio nastro trasportatore orizzontale con bordi laterali. In questo "stampo di contenimento" mobile ha luogo il vero e proprio processo di espansione. Con questa tecnica di fabbricazione è possibile produrre in modo semplice laminati espansi di diversi spessori, come pure i cosiddetti *composites*, pannelli composti, ad esempio, di materiali inorganici, come la lana di roccia o la lana di vetro, e di poliuretano espanso.

Dott. R. Wiedermann, Bayer  
Bayer, Leverkusen (Germania Occidentale)

<sup>(1)</sup> K.A. Gertis: "Wärmeschutz-Energieeinsparung-Umweltschutz" (Isolamento termico-risparmio energetico-protezione ambientale), Stuttgart 1986

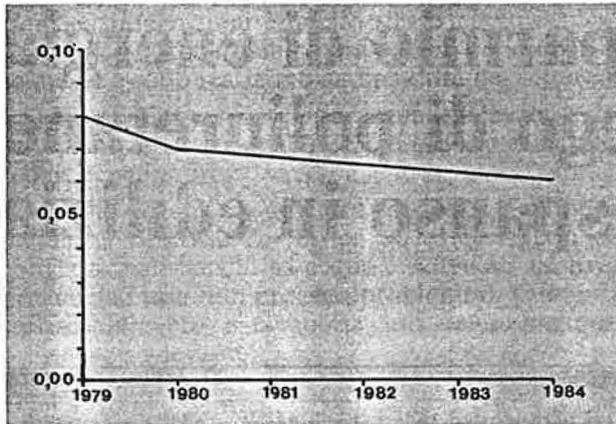


figura 1 - Diminuzione del consumo specifico annuo di energia ( $kWh/m^2$ ) per il riscaldamento delle abitazioni familiari in Germania dal 1979 al 1984

Particolarmente utili si sono dimostrati gli elementi sandwich metallici. Questi elementi composti, con interno in espanso PU rigido, possono essere prodotti in modo razionale e soddisfano, sotto forma di pannelli prefabbricati, le seguenti esigenze dell'industria edilizia:

- buon isolamento termico
- peso ridotto
- facile assemblaggio
- rapidità di montaggio
- resistenza agli agenti atmosferici
- superficie moderna
- minima cura e manutenzione
- possibilità di ampliamento.

### Elementi sandwich metallici per muri e facciate

L'industria metallurgica ha riconosciuto per tempo le possibilità d'impiego degli elementi da costruzione componibili prefabbricati di grandi dimensioni e, insieme all'industria chimica, ha sviluppato processi per la produzione di pannelli di questo tipo con interno in espanso PU rigido. Questa combinazione di espanso rigido e strati di rivestimento metallici nell'uso pratico ha dato, finora, eccellenti risultati. Questo tipo di muri prefabbricati viene usato da molti anni per costruzioni dell'industria pesante, per piscine e palestre, per edifici fieristici ed altri ancora.

I pannelli pesano poco, possono essere usati per coprire grandi ampiezze e si montano in modo rapido e razionale, senza dover interrompere i lavori di costruzione anche a temperature invernali. La produzione industriale su vasta scala garantisce una costante precisione delle dimensioni degli elementi. Per un rapido montaggio sono state sviluppate semplici costruzioni ad incastro, ermetiche ed imper-

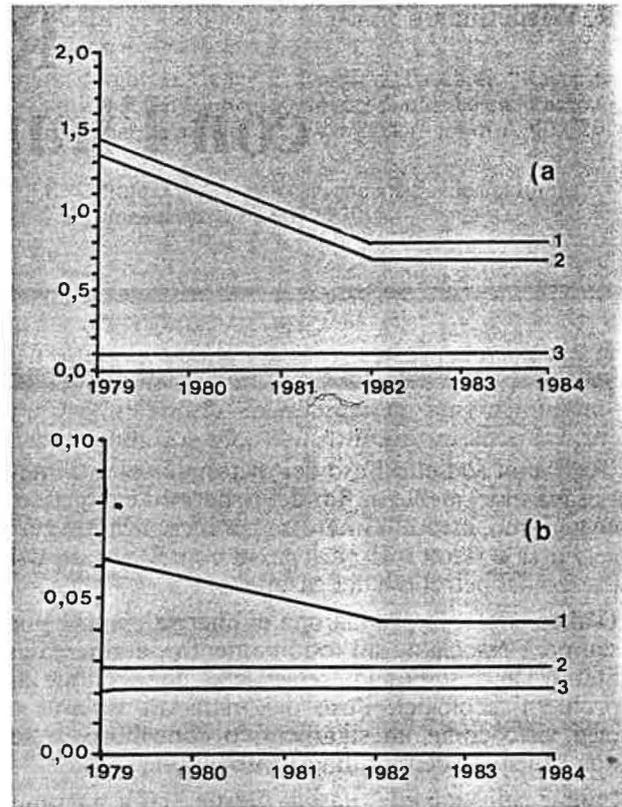


figura 2 - Variazione delle emissioni annue di inquinanti (Mt) per il riscaldamento delle abitazioni in Germania dal 1979 al 1984

a) ossido di carbonio, 1) olio combustibile, 2) carbone, 3) gas; b) polveri, 1) olio combustibile e carbone, 2) teleriscaldamento, 3) energia elettrica

meabili. A tal fine gli elementi si incastrano perfettamente fra di loro senza fessure d'aria. Anche la produzione di pannelli per giunture ad angolo non presenta difficoltà.

### Elementi sandwich metallici per tetti

Oltre che per muri e facciate, i pannelli sandwich PU metallici sono adatti anche per la costruzione di tetti. La perfezione di rifinitura dei pannelli consente un rapido montaggio, indipendentemente dalle condizioni del tempo. I differenti spessori del materiale isolante garantiscono il rispetto di tutte le esigenze di isolamento termico. Spessori differenti delle sezioni trapezoidali permettono un più che sufficiente adattamento alle esigenze statiche. La resistenza dei pannelli viene notevolmente aumentata dall'isolante schiumoso. Così sono possibili distanze tra le capriate fino a 7,50 m. La superficie laminata superiore si distingue per l'alta resistenza alla trazione, l'elasticità strutturale e per l'alto grado di riflessione. I pannelli ad incastro in espanso rigido sono a prova di diffusione del vapore acqueo, grazie alla profilatura in acciaio.

Gli elementi ad incastro per tetti leggeri si possono

applicare su strutture in calcestruzzo, acciaio o anche legno. Pertanto il loro campo di applicazione comprende tutte le costruzioni dell'industria edilizia, come ad esempio locali di produzione, magazzini, capannoni, locali frigoriferi, case unifamiliari ecc.

### Elementi per riscaldamento a pannelli nel pavimento

Gli elementi per gli impianti di riscaldamento sotto la pavimentazione sono la più recente novità. In questo caso l'isolamento acustico ed i supporti per i tubi del riscaldamento sono incorporati nei pannelli.

### Sistemi a container termo-isolati

Sono stati realizzati anche prefabbricati per *container* isolati, adatti per varie aree d'impiego, le cui unità di base corrispondono alle norme standard sui *container* a livello internazionale. La struttura portante, ad esempio telaio in acciaio profilato, è completata da pannelli di riempimento per il tetto, il pavimento e le pareti, le ultime con aperture per porte e finestre, per formare un'unità ambientale. I pannelli di riempimento sono strutture sandwich con anima in espanso PU rigido e lamiera in alluminio smaltato verso l'esterno e lastre in panforte verso l'interno. Originariamente si era pensato di utilizzare in campo edilizio le nuove unità ambientali, che si trasportano allo stesso modo dei *container*, come case mobili ed unità sanitarie. Nel frattempo, riunendo varie singole unità, si è arrivati a comporre edifici più grandi (ad esempio, ricreatori-doposcuola, edifici ed uffici, unità di pronto soccorso).

### Pietre da costruzione per muri isolati

L'alto grado dei valori d'isolamento imposti dalle nuove disposizioni sull'isolamento termico supera i limiti della capacità isolante delle tradizionali pietre da costruzione per muri. La capacità isolante di un muro deve quindi essere aumentata per mezzo di uno strato isolante supplementare.

Stante il continuo aumento del costo del lavoro e la conseguente necessità di ridurre i tempi di costruzione, è necessario che i lavori procedano in modo tale da garantire il miglior isolamento termico a tempi di costruzione economici. Le pietre da costruzione per muri con isolante termico in espanso poliuretano rigido incorporato soddisfano queste esigenze in modo ideale.

Per quest'impiego si preferiscono pietre da costruzione porose. Nella fabbrica di produzione le cavità vengono riempite con espanso poliuretano rigido che, durante la fase collosa intermedia, si unisce solidamente e per sempre alla pietra.

A seconda della disposizione e dell'ampiezza della zona da isolare, con questo tipo di pietre l'isola-

mento termico può essere migliorato fino al 60%. La fuoriuscita dell'umidità dall'interno della costruzione verso l'esterno non presenta problemi dato che il sistema ha uno strato di diffusione del vapore che permette la fuoriuscita dell'eventuale umidità. Il punto di rugiada si trova verso la parte esterna dello strato isolante.

Le pietre da costruzione per muri sono in grado di immagazzinare grandi quantità di calore che cedono ai locali interni man mano che la temperatura si abbassa. Durante la notte, con il riscaldamento spento, i locali si raffreddano quindi molto lentamente.

In linea di massima tutte le pietre porose tradizionali possono essere trasformate in pietre da costruzione per muri con isolamento termico incorporato.

### Elementi per tetti

Particolare importanza hanno assunto negli ultimi tempi i cosiddetti pannelli composti per tetti a forte pendenza. Qui il legno ricostituito forma la lastra inferiore rivolta verso l'interno.

Delle assicelle, trattate con sostanze protettive del legno, vengono attaccate al legno precostituito con chiodi e collanti, creando così un elemento portante con travetti incorporati. L'isolante viene inserito fra i travetti di legno.

Questi pannelli composti garantiscono un isolamento termico totale su tutta l'estensione della pendenza del tetto. L'elemento del tetto viene posato su una struttura di travi facendo risparmiare la posa in opera dei travetti inclinati del tetto, che è costosa in termini di materiali e lavoro. Verso l'interno della mansarda il legno ricostituito appare come una superficie perfetta e compatta. Gli elementi del tetto, fittamente stozzati, possono essere dipinti o tappezzati. Essi vengono forniti con lunghezze fino a 6 m.

### Isolamento per tubazioni

Sempre ai fini del risparmio energetico, le tubazioni per il trasporto di liquidi caldi o freddi, come quelle degli impianti di riscaldamento e teleriscaldamento, gli oleodotti industriali e del petrolio, devono essere isolate per ridurre la perdita o l'assorbimento di calore.

La rete di teleriscaldamento della Repubblica Federale Tedesca è stata ampliata da 5810 km nell'anno 1979 a 8438 km nell'anno 1985. Interessante a questo riguardo è l'aumentato numero delle condutture isolate con PU. Nel 1979 la percentuale delle condutture isolate con PU era del 38% e nel 1985 era aumentata al 66%. La ragione di quest'aumento sta nell'elevata semplicità della tecnica di posa.

La ridotta disponibilità di riserve energetiche richiede un trasporto del teleriscaldamento razionale e senza perdite. Nei tradizionali sistemi di teleriscaldamento a canalizzazione coperta, le conduttu-

re vengono isolate in cantiere. Questi lavori, prevalentemente manuali, richiedono però molto tempo e sfuggono ad ogni controllo. In caso di inondazione dei canali o di rottura di una conduttura, l'isolamento può diventare inservibile.

Utilizzando tubi prefabbricati isolati con poliuretano, i lavori vengono trasferiti in fabbrica, dove possono svolgersi in condizioni sempre costanti. Ulteriori vantaggi di questo procedimento sono rappresentati dalla produzione razionale ed economica, così come da una sigillatura che è stagna in tutti i sensi se vengono usati rivestimenti impermeabili alla diffusione del vapore. Si producono tubi preisolati che vengono fabbricati con diametro fino a 80 cm e lunghezza fino a 12 m. Essi vengono poi saldati in cantiere. I punti di saldatura sono poi isolati con collari o schiumatura supplementare e sigillati a tenuta d'acqua con manicotti serranti.

## Tecnica di refrigerazione ed apparecchi domestici

L'aumentato trasporto promiscuo sulle lunghe distanze di prodotti alimentari per via marittima, ferroviaria e stradale, ha reso necessario garantire un sistema di refrigerazione costante ed ininterrotto.

Le maglie di questa catena del freddo sono di vario genere: *container* marittimi, autotreni, *container* ferroviari e stradali, veicoli di distribuzione, celle frigorifere, banchi frigoriferi domestici. Da circa un ventennio l'industria delle apparecchiature frigorifere utilizza come materiale isolante l'espanso PU rigido.

Stante la facilità di controllo delle tecniche di produzione ed i costanti progressi fatti nel campo delle materie prime e delle formulazioni, oggi in Europa e negli Stati Uniti l'espanso PU rigido è pressoché l'unico materiale isolante usato per frigoriferi, congelatori orizzontali e verticali, nonché impianti frigoriferi industriali.

Grazie alla bassa conduttività termica ed alle buone

caratteristiche meccaniche, il suo impiego in apparecchiature frigorifere offre i seguenti vantaggi rispetto ai materiali convenzionali:

- costruzione semplice
- ridotto spessore dello strato isolante
- maggiore capienza a parità di dimensioni
- massimo risparmio di materiale
- peso ridotto
- posa in opera razionale.

L'espanso PU rigido assume una grande importanza nel campo delle apparecchiature frigorifere a causa della sua duplice funzione, come materiale isolante e come elemento di rinforzo. Lo spessore dell'isolamento può essere notevolmente ridotto.

Un frigorifero con isolamento convenzionale ha, per esempio, una capacità approssimativa di 150 l con uno spessore d'isolamento di 50 mm. Usando l'espanso PU rigido, lo spessore dell'isolamento viene ridotto a 18 ÷ 32 mm, mentre la capacità sale a 180 l, corrispondente ad un aumento della capienza di circa il 20%.

Un congelatore orizzontale con isolamento tradizionale di 100 mm ha per esempio una capacità di ca. 300 l. Con l'espanso PU rigido lo spessore dell'isolamento può essere ridotto fino a 55 mm: la capacità diventa di ca. 450 l (+35%).

Le buone caratteristiche meccaniche e la solidità dell'espanso rigido hanno un posto di primo piano nella struttura di un armadio frigorifero.

Lo spessore dell'alluminio, e con ciò il peso del rivestimento in alluminio, può essere ridotto. Non vi sono ponti termici poiché il collegamento fra parte interna ed esterna viene ottenuto per mezzo della sostanza schiumosa stessa.

Grazie alle qualità auto-supportanti dell'espanso rigido è addirittura possibile costruire frigoriferi incassati senza alcun rivestimento esterno, aventi soltanto una barriera di diffusione in foglio d'alluminio.

tabella I - Grado di isolamento di un'abitazione familiare

Elemento costruttivo	Livello 1 (passato)		Livello 2 (presente)		Livello 3 (futuro)	
	coeff. K (W/m <sup>2</sup> K)	spess. PU (cm)	coeff. K (W/m <sup>2</sup> K)	spess. PU (cm)	coeff. K (W/m <sup>2</sup> K)	spess. PU (cm)
Finestra	4,5	vetro singolo	3,0	doppio vetro	1,3	doppio vetro rivestito
Parete	1,4	doppia foglia con strato d'aria	0,5	4	0,3	8
Soffitto	0,8	3	0,25	12	0,15	20
Pavimento	1,0	2	0,6	4	0,4	6

**tabella II** - Consumo di combustibile annuo, livello di isolamento e coefficiente di trasmissione del calore K per diversi valori del livello di isolamento

	Livello 1 (passato)	Livello 2 (presente)	Livello 3 (futuro)
Consumo di combustibile (kg)	5700	2800	1500
Quantità di PU (kg)	222	913	1553
Coeff. F (W/m <sup>2</sup> K)	1,23	0,6	0,32

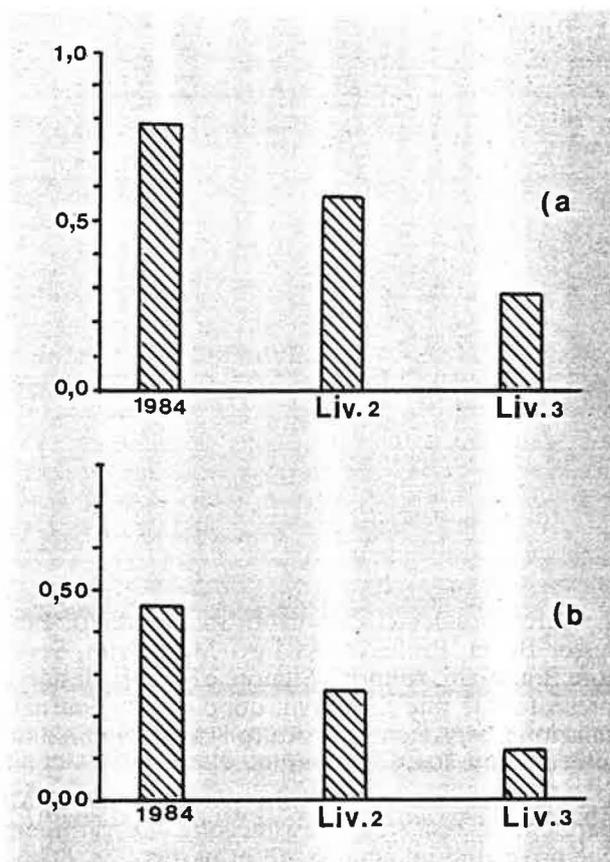
### Alcuni dati sperimentali

La tabella I mostra il coefficiente di trasmissione di calore K per le parti prefabbricate di una casa unifamiliare con superficie di 130 m<sup>2</sup>. Viene mostrata la differenza fra precedente, attuale e futuro metodo di costruzione.

Per dare un'idea del possibile risparmio energetico la tabella II indica la quantità di materiale isolante PU utilizzato. È pure indicato il valore K medio di ogni variante di costruzione ed il consumo medio di gasolio da riscaldamento espresso in kg. Mentre il passaggio dal vecchio metodo di costruzione a quello attuale ha richiesto solo circa 700 kg di espanso per risparmiare 2.900 kg di gasolio, saranno necessari altri 640 kg di espanso rigido PU per un ulteriore risparmio annuo di 1.300 kg di gasolio. Comunque, si tenga presente che il lavoro richiesto per le nuove costruzioni è virtualmente indipendente dallo spessore del materiale isolante. Oggi lo sviluppo in campo poliuretano punta prevalentemente sulla riduzione della conduttività termica; su materiali tecnici è già stato misurato un valore  $\lambda$  di 0,0149 W/m. È quindi realistico sperare che sarà possibile ridurre ulteriormente la quantità di materiali isolanti.

Infine, la figura 3 mostra quali effetti hanno queste misure d'isolamento sull'emissione annua di sostanze inquinanti.

Nel quadro che segue, la prima colonna rappresenta l'emissione di sostanze inquinanti nell'anno 1984, cioè allorché le case di abitazione rispondevano solo in parte ad un moderno concetto di isolamento termico. La seconda colonna mostra una situazione



**figura 3** - Emissioni annue di sostanze inquinanti (M) nel 1984 in Germania per il riscaldamento delle abitazioni in funzione del livello di isolamento: a) ossido di carbonio; b) polveri

in cui tutte le case sono rifinite secondo le prescrizioni d'isolamento oggi in vigore, e la terza colonna illustra l'auspicabile isolamento termico del futuro sopra menzionato.

Un migliorato isolamento con espanso PU rigido non significa soltanto difesa delle riserve energetiche fossili, ma anche, cosa che tutti ci auguriamo, un futuro pulito.

Relazione presentata al convegno "Chimica per l'edilizia" - Centro Edile, Milano 28 settembre 1988.